

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
17 janvier 2002 (17.01.2002)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 02/05394 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ :
H01S 3/067, G02F 1/35

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR01/02188

(22) Date de dépôt international : 6 juillet 2001 (06.07.2001)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
00/08918 7 juillet 2000 (07.07.2000) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
THALES [FR/FR]; 173, boulevard Haussmann, F-75008
Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : HUIG-
NARD, Jean-Pierre [FR/FR]; Thales Intellectual Property,
13, avenue du Prés. Salvador Allende, F-94117 Arcueil
Cedex (FR). BRIGNON, Arnaud [FR/FR]; Thales Intel-
lectual Property, 13, avenue du Prés. Salvador Allende,
F-94117 Arcueil Cedex (FR).

(74) Mandataire : CHAVERNEFF, Vladimir; Thales Intel-
lectual Property, 13, avenue du Prés. Salvador Allende,
F-94117 Arcueil Cedex (FR).

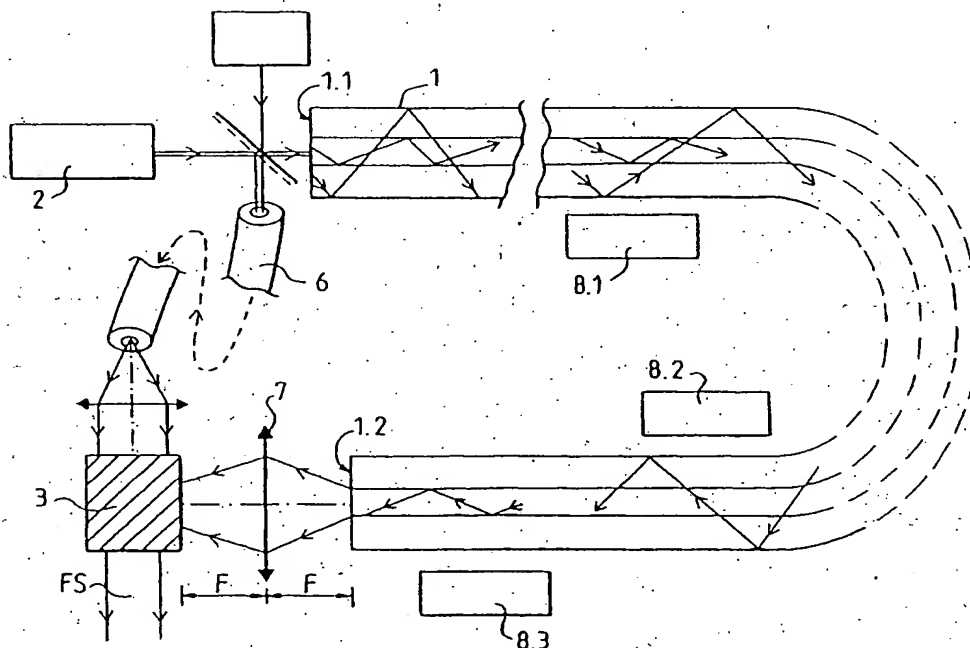
(81) État désigné (national) : US.

(84) États désignés (régional) : brevet européen (AT, BE, CH,
CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT,
SE, TR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: POWER FIBRE LASER WITH MODE CONVERSION

(54) Titre : LASER A FIBRE DE PUISSANCE A CONVERSION DE MODE



(57) Abstract: The invention concerns a pumped fibre laser comprising essentially a doped fibre (1). Said laser is mainly charac-
terised in that the doped fibre is multimode (1) and it also comprises a spatial mode converting device (3) receiving the beam. Said
multimode fibre has a core with diameter greater than 30 micrometers, even greater than 50 micrometers.

[Suite sur la page suivante]

Best Available Copy

**Déclaration en vertu de la règle 4.17 :**

- *relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii)) pour toutes les désignations*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

Publiée :

- *avec rapport de recherche internationale*

(57) Abrégé : L'invention concerne un laser à fibre pompée comprenant essentiellement un fibre dopée (1). La caractéristique principale de ce laser est que la fibre dopée est multimode (1) et en ce qu'il comprend également un dispositif de conversion spatial de mode (3) recevant le faisceau. Cette fibre multimode possède un coeur de diamètre supérieur à 30 micromètres, voire supérieur à 50 micromètres.

LASER A FIBRE DE PUISSANCE A CONVERSION DE MODE

L'invention est du domaine des sources lasers de puissance à fibre dopée pompée et dont le cœur est multimode. Couramment, la fibre reçoit un faisceau émis par un oscillateur monomode. Le faisceau continu ou impulsif issu de la fibre est donc un faisceau amplifié mais sa puissance
5 reste limitée. L'invention est adaptée à la réalisation de sources fibres, compactes et efficaces et délivrant un faisceau de haute puissance avec une bonne qualité de faisceau.

L'invention prévoit que la fibre pompée est multimode et possède un cœur de fibre de diamètre supérieur à 30 μ m. Le faisceau amplifié est
10 alors multimode et se présente sous la forme d'une source d'ondes planes d'amplitudes et de phases aléatoires.

L'invention concerne donc un laser à fibre pompée comprenant un laser oscillateur monomode transmettant un faisceau laser monomode à une première extrémité d'une fibre dopée, caractérisé en ce que la fibre dopée
15 est multimode et en ce qu'il comprend également un dispositif de conversion spatial de mode recevant le faisceau.

Les différents objets et caractéristiques de l'invention apparaîtront plus clairement dans la description qui va suivre faite à titre d'exemple et dans les figures qui représentent :

- 20 • les figures 1a à 1c, des exemples de réalisation simplifiés de l'invention ;
- la figure 2, un exemple de réalisation détaillé de l'invention ;
- la figure 3, une variante de réalisation du dispositif de la figure 2 ;
- 25 • les figures 4a et 4b, un dispositif de l'invention dans lequel la fibre multimode comporte une multitude de cœurs dopés ;
- la figure 5, une variante simplifiée du dispositif de l'invention.

La réalisation de sources lasers de puissance supérieure au kW est démontrée aujourd'hui par plusieurs laboratoires à partir de barreaux Nd-
30 YAG pompés par diodes. Deux types d'architectures conduisent à ce type de performances : oscillateur unique ou configuration « MOPA » constituée d'un oscillateur, amplificateur et éventuellement miroir à conjugaison de phase. L'objet de l'invention est de proposer une architecture de source fibre

pompée par diodes du type MOPA. Des puissances continues supérieures à 100W peuvent être obtenues à partir de fibres quasi monomodes. Compté tenu de ces résultats, nous proposons de réaliser des sources de puissance supérieures à 1kW à partir de fibres multimodes dont le volume du milieu à gain est très supérieur à celui de la fibre monomode. Afin de garantir une qualité de faisceau proche de la diffraction, on introduit un dispositif de conversion du mode constitué par un milieu non linéaire servant à l'enregistrement d'un hologramme dynamique ou éventuellement fixe (hologramme de volume).

La figure 1a représente un exemple de réalisation simplifié de l'invention. Dans cet exemple de réalisation, la fibre est autopompée. Il comporte une fibre optique multimode dont le coeur est dopé de façon à présenter un milieu actif. Le diamètre de ce coeur est préférentiellement supérieur à 20 μm voire même supérieur à 50 μm . On pourra même envisager des fibres dont le diamètre du coeur est supérieur à 80 μm . La fibre optique reçoit un faisceau laser provenant d'un oscillateur 2. Ce faisceau laser est monomode. Le faisceau laser parcourt la fibre optique et est réfléchi par le miroir à conjugaison de phase 5, lequel réfléchit un faisceau réalisant l'autopompage de la fibre 1. Un faisceau laser est émis par la fibre vers le miroir semi-transparent 4 ou un séparateur de polarisation qui réfléchit l'énergie lumineuse reçue de la fibre 1 vers un dispositif de conversion de mode 3.

Ce dispositif de conversion de mode est réalisé dans un matériau non linéaire dans lequel a été enregistré un hologramme de volume et qui sera détaillé ultérieurement.

Ainsi, la fibre 1 étant multimode et par ailleurs de très gros diamètre par rapport aux fibres couramment utilisées dans ce type de lasers, le faisceau émis vers le dispositif 3 est multimode plus précisément ce faisceau est la superposition d'une multitude d'ondes planes d'amplitudes et de phases aléatoires. Dans ces conditions, à partir d'une fibre ainsi multimode, on a émis un faisceau relativement puissant et à l'aide du convertisseur de mode 3 on émet un faisceau de sortie FS présentant une qualité optique telle que le faisceau FS est monomode.

La figure 1b est une variante du dispositif de la figure 1 dans lequel le miroir à conjugaison de phase 5 a été remplacé par une fibre de

type fibre Brillouin. Cette fibre Brillouin est du type tel que décrit dans le brevet français n° 2 669 441 déposé le 16 Novembre 1990.

La figure 1c est une autre variante du dispositif de la figure 1a, dans laquelle la fibre multimode 1 est une fibre à effet Brillouin.

5 Le dispositif schématisé sur la figure 2 intègre les éléments suivants :

- un laser oscillateur monomode 2
- un amplificateur à fibre 1
- un milieu holographique 3 pour la conversion de mode

10 Selon la réalisation de la figure 2, une première extrémité 1.1 de la fibre 1 reçoit le faisceau monomode émis par le laser oscillateur 2. Une deuxième extrémité 1.2 de la fibre permet de transmettre ce faisceau, après amplification dans la fibre, vers le milieu holographique 3. Celui-ci reçoit par ailleurs une portion du faisceau monomode fourni par le laser oscillateur 2.

15 Les deux faisceaux interfèrent dans le milieu holographique et comme cela sera expliqué ci-après, il se produit un transfert de l'énergie du faisceau amplifié issu de la fibre vers le faisceau monomode fourni par le laser oscillateur 2.

L'oscillateur 2 est constitué d'une source de faible puissance (> 20 1W) monomode : la source est monofréquence, avec une certaine longueur de cohérence, et présente une qualité spatiale de l'onde limitée par diffraction. A titre d'exemple, c'est un laser fibre, ou un oscillateur classique pompé diodes.

L'amplificateur multimode est donc une fibre 1 dont le pompage 25 est assuré par des diodes de puissance 8.1, 8.2, ... 8.3, en configuration longitudinale ou transverse. Le diamètre du cœur de la fibre est par exemple 100 μm . Selon la technique classique, le pompage du cœur de fibre qui constitue le milieu à gain, s'effectue par réflexion totale de la pompe sur l'interface gaine à l'intérieur de la fibre.

30 Le dispositif de conversion de mode 3 est constitué par un milieu non linéaire à variation d'indice. Interfèrent dans le volume de ce milieu : le faisceau de faible puissance F1 issu de l'oscillateur et le faisceau multimode F2 issu de l'amplificateur à fibre. Les deux faisceaux F1 et F2 sont transmis au dispositif de conversion de mode 3 par une fibre monomode 6. Il est 35 connu que le type d'interaction à deux ondes dans le dispositif de conversion

permet de transférer toute l'énergie du faisceau intense multimode F2 vers le faisceau monomode F1 dans la mesure où le coefficient de gain à deux ondes du matériau est suffisant. Cette interaction avec la fonction de « nettoyage » du faisceau (beam « clean up ») a été validée avec les mécanismes non linéaires suivants : cristaux photoréfractifs LiNbO_3 , BaTiO_3 , SBN... ; non linéarités thermiques : colorants, cristaux liquides... ; effet Brillouin dans les fibres multimodes.

Le dispositif de la figure 2 permet d'obtenir une déplétion complète du faisceau intense F2 au bénéfice d'une amplification du faisceau monomode F1. Dans la mesure où l'hologramme est dynamique, le matériau s'adapte aux évolutions lentes de la figure d'interférences entre le faisceau fourni par la fibre 1 et le faisceau fourni par le laser oscillateur 2.

Le dispositif de conversion de mode peut également être réalisé par un composant holographique fixe : par exemple, cristal photoréfractif suivi d'une procédure de fixation du réseau photoinduit ou par un hologramme enregistré dans le volume d'un matériau photopolymère. Dans ce cas, le composant étant fixe, il ne s'adapte plus à une évolution de la figure d'interférence. La conversion de mode n'est efficace que si la phase relative entre les différents modes rayonnés par la fibre reste fixe. Cette configuration ne nécessite pas d'onde de référence pour la lecture. Le système se présente donc comme cela est représenté en figure 3. L'extrémité 1.2 de la fibre 1 est couplée par la lentille 7 au dispositif de conversion du mode 3. L'ensemble extrémité de fibre 1.2 – lentille de Fourier et composant holographique de conversion de mode constitue alors une structure compacte.

A titre d'exemple, une source de puissance continue supérieure au 1 kW émettant à $\lambda = 1,053 \mu\text{m}$ peut être réalisée dans les conditions suivantes :

- oscillateur – fibre Yb – 1 W
- amplificateur – gain 30 dB
- conversion du mode par cristal BaTiO_3 dopé Rh ou LiNbO_3 sensibilisé à $\lambda = 1,053 \mu\text{m}$
- puissance de pompage : 2 à 2,5 kW

Le faisceau référence fourni par le laser oscillateur 2 est transmis par une fibre monomode 6 dont la longueur est égale à celle de la fibre

amplificatrice 1. Cette condition relâche la contrainte sur la longueur de cohérence de l'oscillateur.

Le dispositif de l'invention permet d'extraire une puissance élevée d'un amplificateur fibre multimode. Dans ces conditions, on réduit l'ensemble des effets non linéaires annexes (Brillouin, Raman...) puisque la densité de puissance émise reste inférieure au seuil de dommage de l'interface.

Un dispositif de conversion du mode assure le transfert cohérent de l'énergie émise dans un mode spatial dont la qualité est limitée par diffraction.

Le dispositif proposé réalise également la conversion de mode si la fibre amplificatrice est constituée d'un ensemble ordonné ou désordonné de cœurs de fibres monomodes comme représenté sur la figure 4a.

L'injection de l'oscillateur dans un réseau ordonné de cœurs de fibres monomodes est obtenu par un réseau à ondes multiples.

Comme cela est représenté en figure 5, l'ensemble fibre multimode + dispositif de conversion spatiale du mode peut constituer un oscillateur émettant un faisceau monomode. Dans ce cas la fibre 1 pompée par une ou plusieurs diodes 8 et le convertisseur de mode sont placés dans une cavité optique 9, 10.

Il est à noter que la fibre peut être à maintien de polarisation. Sinon, le convertisseur de mode doit pouvoir traiter les deux composantes de polarisation.

Enfin, le laser peut fonctionner en mode continu ou impulsionnel.

REVENDICATIONS

1. Laser à fibre pompée comprenant un laser oscillateur monomode (2) transmettant un faisceau laser monomode à une première extrémité (1.1) d'une fibre dopée (1), caractérisé en ce que la fibre dopée est multimode (1) et en ce qu'il comprend également un dispositif de conversion spatial de mode (3) recevant le faisceau.

2. Laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que le diamètre du cœur de la fibre multimode (1) est très supérieur à 30 micromètres.

3. Laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de conversion de mode est un dispositif holographique.

4. Laser selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réflexion à conjugaison de phase (5) couplée à une deuxième extrémité (1.2) de la fibre dopée multimode (1) de façon à réfléchir un faisceau laser transmis par cette fibre vers cette même fibre, ledit faisceau réfléchi tenant lieu de faisceau de pompe.

5. Laser selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'il comporte une ou plusieurs source lumineuse de pompage transmettant un ou plusieurs faisceaux de pompe à la fibre dopée multimode.

6. Laser selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comporte un séparateur optique (4) placé entre le laser oscillateur (2) et la première extrémité (1.1) de la fibre dopée multimode (1) pour transmettre une partie du faisceau, émis par le laser oscillateur, vers la fibre dopée multimode et une autre partie vers le dispositif de conversion de mode ; et en ce qu'une deuxième extrémité (1.2) de la fibre dopée multimode est couplée au dispositif de conversion de mode de façon à ce que le faisceau transmis par cette deuxième extrémité interfère dans le dispositif de conversion de mode, avec la partie du faisceau provenant du séparateur optique (4) et qu'un transfert d'énergie se produise du faisceau transmis par la deuxième extrémité de la fibre dopée multimode vers la partie de faisceau transmise par le séparateur et que le dispositif de conversion de mode transmette un faisceau amplifié monomode.

7. Laser selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'une deuxième extrémité (1.2) de la fibre dopée multimode (1) est couplée au

dispositif de conversion de mode (3) et en ce que ce dispositif de conversion de mode est préenregistré de façon que le faisceau transmis par la deuxième extrémité (1.2) de la fibre dopée multimode soit converti en faisceau monomode.

5 8. Laser selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite fibre dopée multimode comporte plusieurs cœurs dopés.

 9. Laser à fibre pompée compris dans une cavité optique (9, 10), caractérisé en ce qu'il comprend, en série dans la cavité optique, un dispositif de conversion spatial de mode.

10 10. Laser selon la revendication 9, caractérisé en ce que le diamètre du cœur de la fibre multimode (1) est très supérieur à 30 micromètres.

 11. Laser selon la revendication 9, caractérisé en ce que le dispositif de conversion de mode est un dispositif holographique.

15

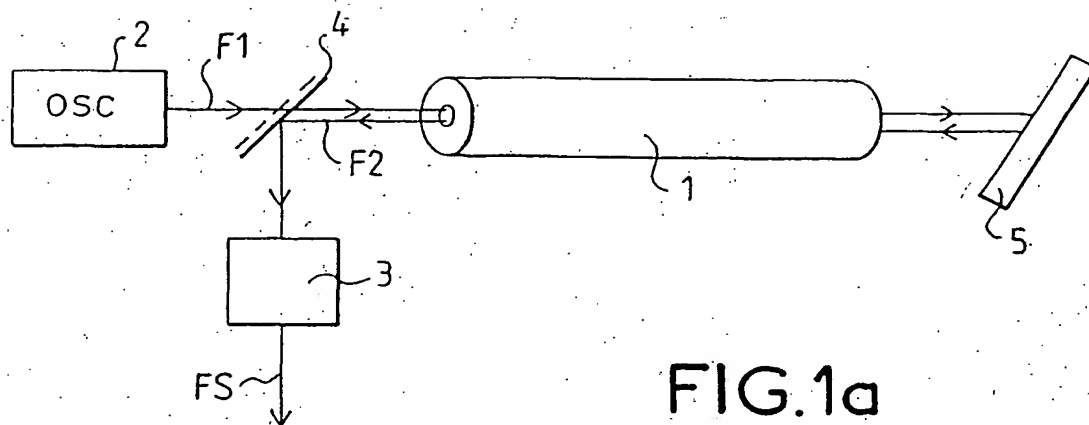


FIG. 1a

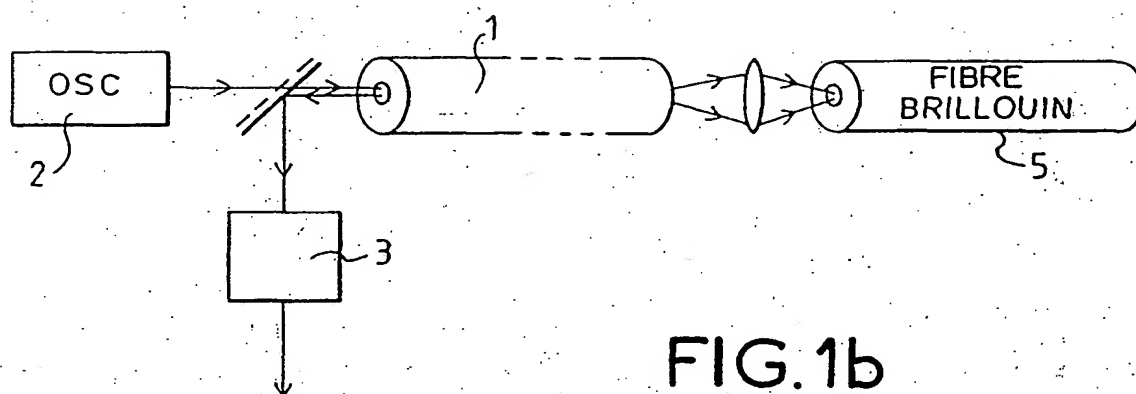


FIG. 1b

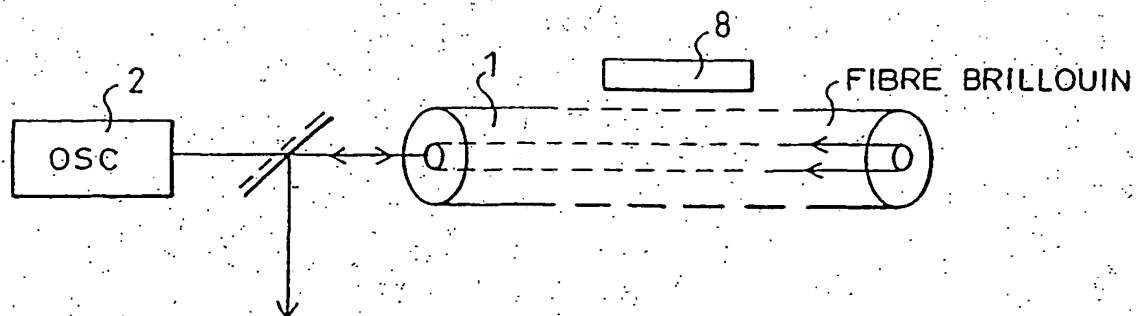


FIG. 1c

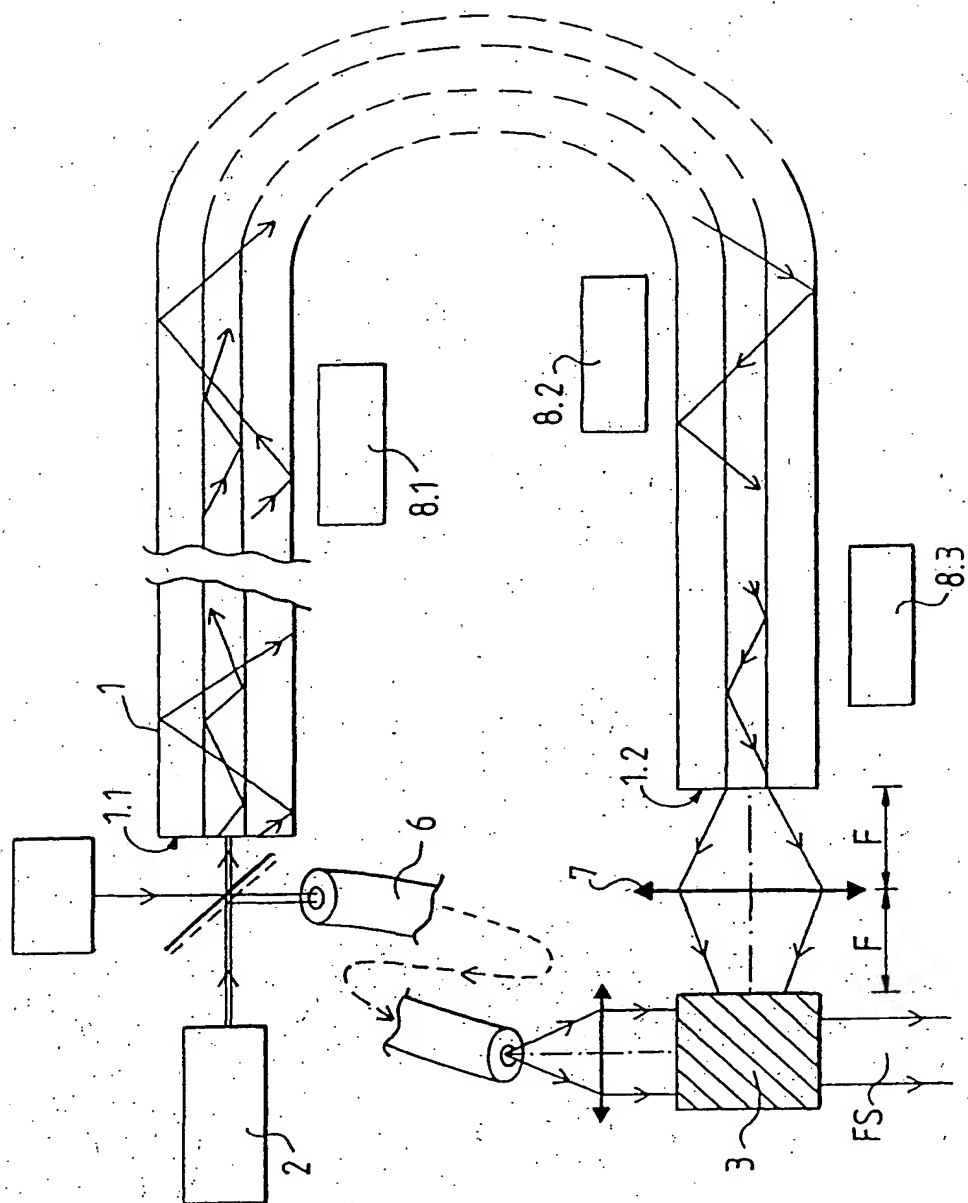


FIG. 2

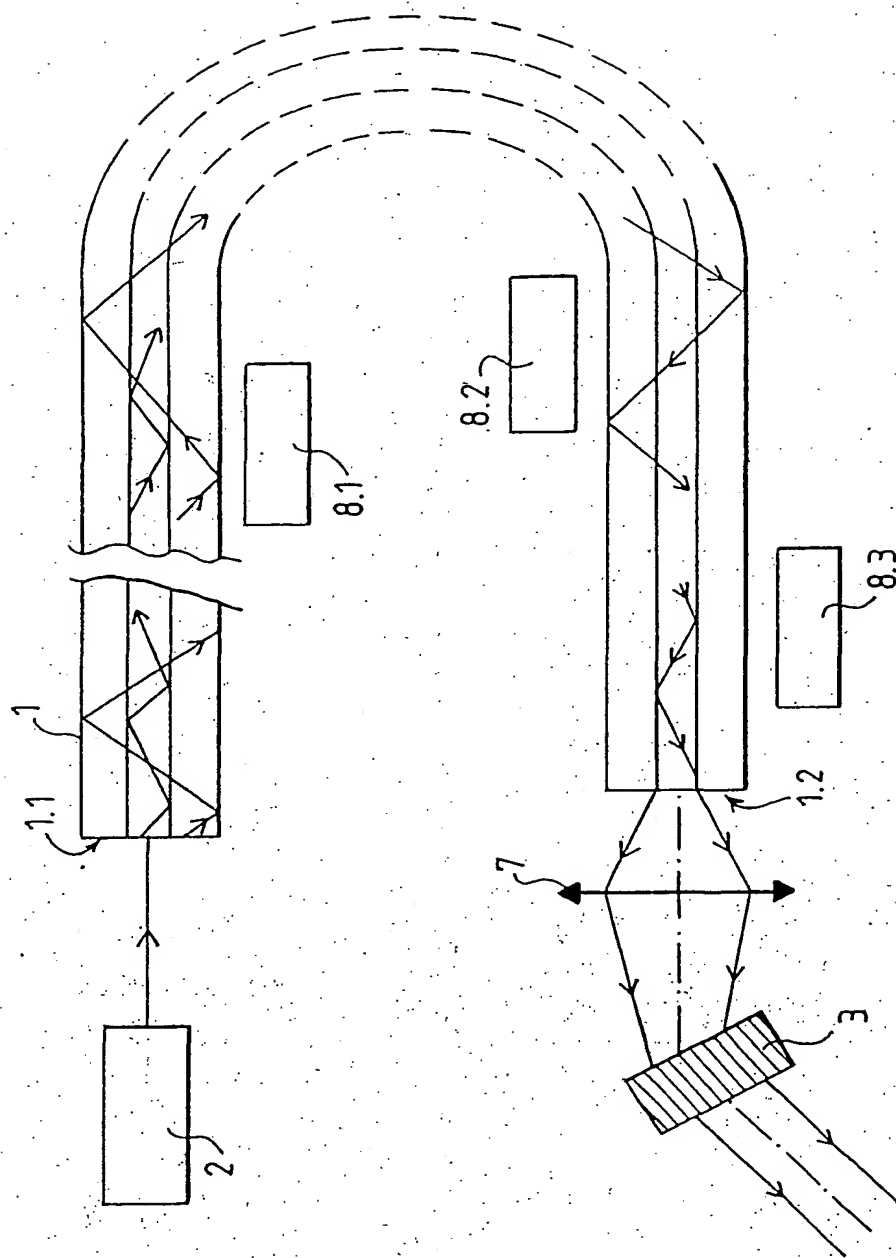


FIG. 3

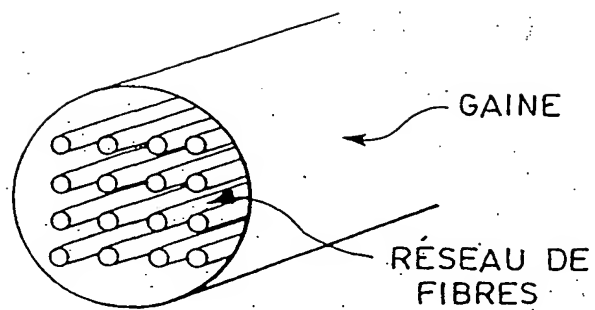


FIG. 4a

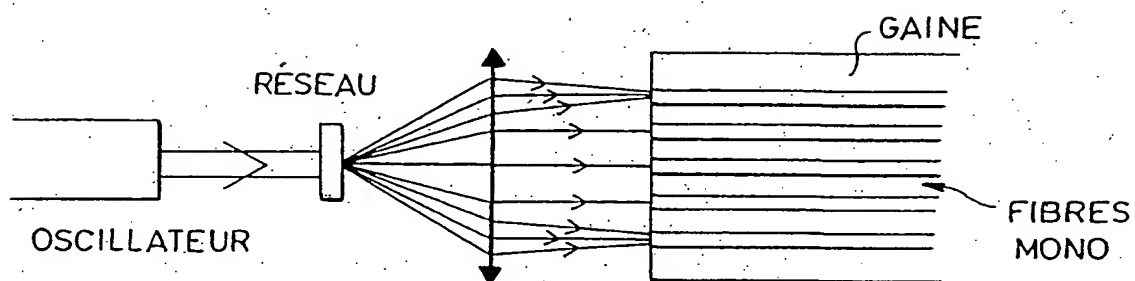


FIG. 4b

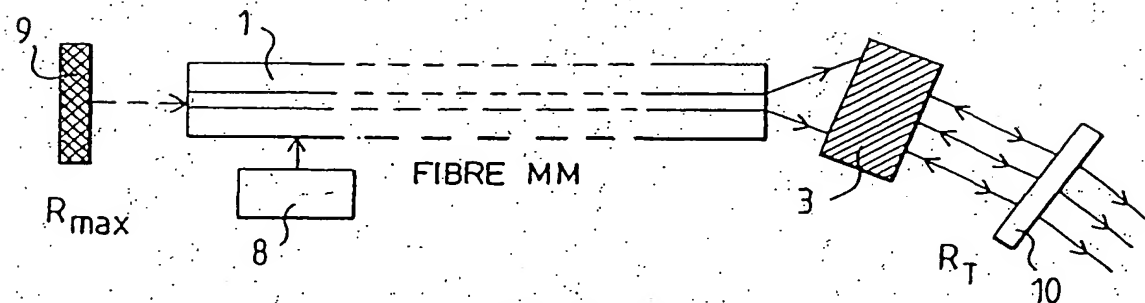


FIG. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC1/R 01/02188

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 H01S3/067 G02F1/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H01S G02F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

COMPENDEX, EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, X	BRIGNON A ET AL: "Multimode to single-mode conversion of a Yb-doped fiber amplifier with a photorefractive Rh:BaTiO/sub 3/ crystal" APPLIED PHYSICS B (LASERS AND OPTICS), MAY 2001, SPRINGER-VERLAG, GERMANY, vol. B72, no. 6, pages 789-791, XP002180415 ISSN: 0946-2171 the whole document	1
A	EP 0 980 122 A (TRW INC) 16 February 2000 (2000-02-16) column 2, line 21 - line 40; figure 1 -- -/--	1, 9



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *&* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2001

Date of mailing of the international search report

31/10/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer:

Hervé, D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/JP 01/02188

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	BOURDERIONNET J ET AL: "Spatial mode control of a diode-pumped Nd:YAG laser using an intracavity holographic phase plate" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000); SAN FRANCISCO, CA, USA MAY 7-MAY 12 2000, 2000, pages 403-404, XP002163467 Pacif Rim Conf Lasers Electro Opt CLEO Tech Dig; Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, CLEO - Technical Digest 2000 IEEE, Piscataway, NJ, USA the whole document	1,9
A	US 5 818 630 A (HARTER DONALD J ET AL) 6 October 1998 (1998-10-06) column 5, line 60 -column 6, line 35; figure 1	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PC17+R 01/02188

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0980122	A	16-02-2000	US 6144677 A	07-11-2000
			EP 0980122 A2	16-02-2000
			JP 2000058947 A	25-02-2000
US 5818630	A	06-10-1998	DE 19828154 A1	07-01-1999
			JP 11074593 A	16-03-1999

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

D. Internationale No

PC/IR 01/02188

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H01S3/067 G02F1/35

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B: DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H01S G02F

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

COMPENDEX, EPO-Internal, WPI Data, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
P, X	BRIGNON A ET AL.: "Multimode to single-mode conversion of a Yb-doped fiber amplifier with a photorefractive Rh:BaTiO/sub 3/ crystal" APPLIED PHYSICS B (LASERS AND OPTICS), MAY 2001, SPRINGER-VERLAG, GERMANY, vol. B72, no. 6, pages 789-791, XP002180415 ISSN: 0946-2171 le document en entier	1
A	EP 0 980 122 A (TRW INC) 16 février 2000 (2000-02-16) colonne 2, ligne 21 - ligne 40; figure 1 -/-	1,9

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

A document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

E document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

L document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

O document se référant à une divulgation orale; à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

P document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 octobre 2001

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

31/10/2001

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Hervé, D

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	BOURDERIONNET J ET AL: "Spatial mode control of a diode-pumped Nd:YAG laser using an intracavity holographic phase plate" CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS (CLEO 2000); SAN FRANCISCO, CA, USA MAY 7-MAY 12 2000, 2000, pages 403-404, XP002163467 Pacif Rim Conf Lasers Electro Opt CLEO Tech Dig; Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, CLEO - Technical Digest 2000 IEEE, Piscataway, NJ, USA le document en entier	1,9
A	US 5 818 630 A (HARTER DONALD J ET AL) 6 octobre 1998 (1998-10-06) colonne 5, ligne 60 - colonne 6, ligne 35; figure 1	1,9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs : Membres de familles de brevets

De : Internationale No

PCT/R 01/02188

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0980122	A	16-02-2000	US 6144677 A	07-11-2000
			EP 0980122 A2	16-02-2000
			JP 2000058947 A	25-02-2000
US 5818630	A	06-10-1998	DE 19828154 A1	07-01-1999
			JP 11074593 A	16-03-1999

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☒ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.